ORIGINE NUCLÉAIRE DU PROTOPLASMA (4e Note); SUR LA FORMATION, CONSÉCUTIVE A CELLE DES FERMENTS SOLUBLES, DE MATIÈRES PLASMIQUES COAGULABLES, AU MILIEU DES PRODUITS DE DÉSORGANISATION DU NUCELLE; par **M. Charles DEGAGNY**.

Dans mon dernier travail, j'ai étudié les perforations qui se produisent à travers le nucelle. Chez la plupart des plantes, pendant l'agrandissement du sac embryonnaire, leur formation est subordonnée à l'activité de l'assimilation dans le sac. Quand celle-ci diminue ou cesse complètement, le nucelle continue à se digérer ; les perforations précédemment produites continuent à s'allonger, et les ferments solubles qui sont charriés dans ces perforations, loin du sac, loin de la couche pariétale de protoplasma, loin de l'endosperme, quand celui-ci est formé, continuent à dissoudre les cellules du nucelle.

D'où proviennent ces ferments solubles ? à l'aide d'un exemple que j'ai choisi chez l'Hellébore noir, j'ai montré que ces ferments solubles sont des produits des cellules en voie de désorganisation.

L'analyse exacte du phénomène, pourrait-on dire, est fournie par l'observation attentive des tissus du nucelle. En effet, chez l'Hellébore noir se trouvent des nucelles où il n'y a pas de perforations ; d'autres où il en existe ; des nucelles où le sac en croissance assimile intégralement, sans laisser de résidus, les tissus qui sont à son contact ; d'autres où ces tissus, visiblement mortifiés, ne sont plus consommés par le sac. De telle sorte que l'on peut compter une à une, sur des coupes bien faites, les cellules du nucelle qui étaient destinées à être absorbées par le sac et qui ne le sont plus. Alors, de chacune de ces cellules, il s'écoule vers le faisceau funiculaire des matières qui étaient précédemment consommées par le sac, et qui, ne l'étant plus à un certain moment, devenant disponibles, faute d'emploi à leur lieu de production, se dirigent vers les vaisseaux, en produisant des trous à travers le nucelle.

Celui-ci n'a pas cessé de croître, pendant que le sac cessait de s'agrandir et que les cellules contiguës à celui-ci continuaient à se désorganiser. On voit alors se produire un fait curieux : le sac, sur une grande partie de sa surface inférieure tournée précisément vers le faisceau vasculaire, repose sur un massif de cellules vivantes intactes. Au contraire, de chaque point de ses parois latérales, on voit partir des solutions de continuité formées à travers des cellules mortes ; solutions de continuité dont on peut suivre facilement la marche sur des ovules de plus en plus avancés. Dans ces perforations, les cellules ne sont pas frappées de mort

par la compression du sac qui est éloigné, mais par les produits de dissolution des cellules situées au-dessus.

La mortification des cellules gagne de proche en proche à partir des parois du sac, en marchant vers le faisceau funiculaire ; et les produits de désorganisation d'une cellule entraînent la désorganisation, la dissolution de la cellule située au-dessous d'elle. Tandis que le sac, sur toute sa surface inférieure en contact avec le nucelle, ne donne lieu à aucune solution de continuité, et par conséquent ne produit pas plus de ferments solubles que sur ses parois latérales.

D'autres faits que je décrirai bientôt viendront encore à l'appui des premiers, pour montrer que c'est dans les cellules du nucelle en voie de désorganisation que se trouve l'origine des ferments solubles qui servent à digérer le nucelle.

Les perforations du nucelle, étudiées chez la plupart des plantes, ne montrent pas seulement la trace de matières liquides et de ferments solubles entraînés vers les vaisseaux. On trouve aussi, dans ces perforations, des matières plasmiques *nouvellement coagulées*, provenant de matières plasmiques coagulables, comme celles dont j'ai parlé dès le début de mes observations, en étudiant les matières coagulées que l'on trouve dans le noyau cellulaire.

Les observations que je vais exposer à la Société, me ramèneront forcément à reparler de celles-ci ; ne serait-ce que pour rechercher la cause qui, chez les unes et les autres, amène *un effet commun*, et parfaitement constatable, *la fin de leur coagulation*, leur dissolution en un mot, qui précède leur transport dans un autre endroit que celui où on les trouve.

Je choisirai successivement trois exemples contenant d'une façon très nette la réalisation des phénomènes que j'ai à décrire, et qu'il est facile de retrouver chez d'autres plantes et dans d'autres nucelles. Ma description est accompagnée de préparations et de dessins qui pourront aider à la faire comprendre, et à guider ceux qui voudraient entreprendre les mêmes recherches.

Je fais des coupes à l'état frais et sur des ovules durcis dans l'alcool. C'est le réactif durcissant qui donne ici les meilleurs résultats sans modifier sensiblement ceux que l'on obtient avec les durcissants aqueux.

Chez le *Lis blanc*, avant la division du noyau primaire du sac embryonnaire, on ne trouve aucune infiltration sous la cellule-mère. Les membranes des cellules du nucelle sont intactes, et rien ne dénote de transport de matières soit liquides, soit coagulables, vers la base du nucelle.

Aussitôt que le noyau s'est divisé, il apparaît immédiatement des traces d'infiltrations au même endroit. Il est alors bien manifeste que l'on se

trouve, comme chez l'Hellébore, comme dans tous les cas où le nucelle est troué, en présence de produits qui ne sont plus consommés par la cellule-mère, et qu'attire le faisceau funiculaire. L'analogie des deux faits est frappante et il n'est pas possible de leur refuser la même signification.

« L'aliment précédemment consommé par la cellule-mère est éliminé aute d'emploi. » Il est dès lors possible de l'observer facilement et d'en connaître les réactions. Ce n'est plus une matière liquide ne laissant que des traces de son passage par les perforations qu'elle produit au sein des tissus du nucelle ; ici c'est une substance coagulée, hyaline homogène, très réfringente, colorable en jaune par l'iode, en rouge intense par la safranine, en vert par le mélange de vert de méthyle et de fuchsine.

Les infiltrations deviennent d'autant plus visibles que le sac s'agrandit. On voit alors la matière plasmique diffuser à travers les membranes cellulaires, s'y introduire progressivement et leur communiquer sur une certaine longueur ses réactions propres. De sa présence en bas du sac, de la situation qu'elle occupe au milieu des membranes, on doit conclure qu'elle a été nécessairement produite à l'état liquide, qu'elle a perdu progressivement cet état pendant le temps de son transport, c'est-à-dire d'un point quelconque des parois du sac à l'endroit où elle vient former dépôt.

Je dis ici que son point de départ se trouve sur les parois du sac. Comme on le verra en effet plus loin, la même matière coagulée y forme des nappes étendues sous l'endosperme. Il n'est donc pas possible d'attribuer sa présence au bas du sac à une cause différente de celle qui a produit la même matière sur toute la périphérie du sac.

Chez le Lis, le faisceau funiculaire absorbe donc plusieurs produits dont on trouve les traces bien visibles :

1° Des substances dissoutes ; produits des dédoublements par hydratation des matières ternaires et albuminoïdes des cellules ;

2° Des excédents de ferments solubles ;

3° Une matière plasmique coagulable résultant d'une assimilation contemporaine des dédoublements qui ont amené la production des éléments dissous. Il faut se rappeler que l'on trouve exactement les mêmes faits dans beaucoup de noyaux où il existe aussi des matières plasmiques coagulables, entrées d'abord et éliminées plus tard à la suite de dédoublements moléculaires.

Dans le noyau de la cellule-mère du sac embryonnaire de la Fritillaire, ces faits se présentent comme chez le Lis blanc : amenées dans le noyau à l'état liquide, par conséquent à l'état de simples produits de dédoublements, une partie de ces matières redeviennent coagulables, puisqu'on les trouve coagulées à la base du noyau. Elles sont donc le

produit d'une nouvelle assimilation, d'une association moléculaire, faite à l'intérieur du noyau. Une autre partie des mêmes matières coagulables traverse la membrane et va se coaguler dans le parcours entre le noyau et le faisceau vasculaire, à la base de la cellule-mère où elle forme un nouveau dépôt. Il faut donc admettre, en premier lieu, qu'il existe à l'intérieur du noyau une force capable de produire des dédoublements moléculaires, et de ramener à l'état liquide les matières coagulées. Il faut admettre, en second lieu, qu'en même temps que les produits solubles de dédoublements, il s'est formée une matière qui a la propriété de se coaguler, de se solidifier, au fur et à mesure qu'elle s'éloigne du lieu de sa production, à l'intérieur du noyau. La formation des matières coagulables et des matières solubles est donc sous la dépendance d'une force dont l'intensité semble varier d'une façon remarquable suivant le temps de son action, puisque dans les molécules formées on en trouve qui ont résisté des temps différents avant d'être arrêtées par la coagulation. Les unes et les autres auraient donc été douées à l'intérieur du noyau de mouvements moléculaires différents.

Chez le Lis, la matière plasmique coagulée que l'on trouve sous le sac, dans les dilatations formées dans les membranes des cellules, s'y est accumulée aussi progressivement. Mais elle existe encore ailleurs. On la trouve sous la couche endospermique, à l'état d'enduit plus ou moins épais, produit par les parties de la même matière coagulable atteintes plus tôt par la coagulation et qui n'ont pu arriver au bas du sac. C'est là qu'elle se forme, pour s'écouler vers le faisceau funiculaire. Les dépôts de la base sont donc formés par les parties qui sont restées plus longtemps liquides, dont les molécules ont conservé plus longtemps e mouvement moléculaire communiqué au lieu de la production sur la paroi du sac. Je reviendrai d'ailleurs plus loin sur les mêmes faits en faisant l'observation de phénomènes qui se passent sous la couche endospermique, au milieu des matières plasmiques qui s'y coagulent, en y formant une seconde couche protoplasmique que les observateurs n'ont pas remarquée, et qui sert pour ainsi dire de doublure à la couche endospermique.

Chez les diverses espèces de Haricots, on trouve les mêmes faits que chez le Lis. A une certaine époque de la croissance du sac embryonnaire, il se forme sous le sac des perforations qui vont presque rejoindre le faisceau funiculaire. Dans certains nucelles ces perforations prennent la forme de canaux cylindriques qui s'emplissent d'une matière plasmique, hyaline, réfringente, comme chez le Lis. Sous la couche endospermique il se forme aussi un enduit de la même matière très nettement striée.

Chez l'Hellébore noir, au milieu des perforations qui se creusent et s'allongent sous le sac embryonnaire, on rencontre une matière plasmique

striée sous forme de longs filaments. La même matière forme des enduits très régulièrement striés sous la couche endospermique.

On retrouve donc partout les mêmes faits, avec la même signification : production simultanée de matières liquides et de matières coagulables, coulant le long des parois du sac embryonnaire, s'engageant dans les perforations du nucelle, s'y solidifiant par moments, et entraînées finalement vers les vaisseaux.

J'arrive à un phénomène du plus haut intérêt, qui se passe sous la couche endospermique, chez les Lis, la Pensée, la Nivéole, l'Hellébore, le Haricot, etc.

Il faut, pour bien le voir, faire des coupes très épaissses des ovules que l'on veut examiner ; sans cette précaution, les productions dont je vais parler, et qui sont quelquefois très minces, se déchirent sous le rasoir, et l'on ne trouve plus que des débris informes sur la nature desquels il n'est plus possible de se prononcer.

Il faut d'abord être bien convaincu que les productions que je vais décrire ne sont pas dues à des gonflements produits par la diffusion de l'alcool dans le sac embryonnaire qui contient beaucoup de suc cellulaire au moment du durcissement ; ce qui provoque le retrait de la couche endospermique et son ratatinement. Les mêmes productions existent à l'état frais.

La nappe des matières plasmiques coagulables qui s'arrêtent peu à peu sous la couche endospermique, chez toutes les plantes dont j'ai parlé, se soulève par places, par suite de la production, entre cette nappe et les cellules sous-jacentes du nucelle, de matières liquides. Il se forme bientôt des poches qui refoulent la couche endospermique. En examinant successivement des ovules de plus en plus avancés, on peut suivre la formation progressive de ces poches, qui atteignent, au fur et à mesure que le sac s'agrandit, des dimensions considérables ; quelquefois il se forme, de chaque côté du sac, deux poches placées vis-à-vis l'une de l'autre, qui refoulent les deux faces opposées de l'endosperme, de manière à les mettre en contact l'une avec l'autre. Il semble que ces productions pseudo-cellulaires se forment comme les cellules artificielles. Il y a production, à un endroit donné, d'une substance soluble qui absorbe beaucoup d'eau, et dont certaines parties se coagulent progressivement. Celles-ci sont refoulées à la périphérie par la production au centre de nouvelles quantités de matières solubles.

Afin de mieux voir la nappe des matières coagulées qui forment une doublure à l'endosperme, il faut faire durcir les ovules dans l'acide chromique et faire des coupes très épaisses, de manière à ne pas entamer l'endosperme ou à l'entamer superficiellement. On extrait alors celui-ci avec les aiguilles, et l'on trouve toute la couche endospermique enve-

loppée, comme dans un manchon, par une membrane, souvent fort épaisse, hyaline, très résistante, colorable en jaune par l'iode et le chloro-iodure, en bleu *par le bleu de méthylène*, comme les matières protoplasmiques, et qu'il n'est pas possible de prendre pour les restes des membranes cellulaires. Il s'agit bien d'une matière protoplasmique identique à la couche externe hyaline du protoplasma par sa cohésion, sa réfringence, ses réactions. Il existe d'ailleurs, dans mes préparations, deux coupes du sac embryonnaire de l'Hellébore. Dans l'une, j'ai laissé l'endosperme en place ; dans l'autre, je l'ai retiré. Dans la première, on peut voir, mais d'une manière un peu confuse, que l'endosperme est entourée d'une enveloppe. Dans l'autre coupe, où l'endosperme a été retiré de l'ovule, on voit l'enveloppe qui l'environne de tous les côtés.

Chez le Lis blanc, on rencontre aussi sous l'endosperme des poches, ayant souvent des dimensions considérables, qui s'emplissent de liquide sous la couche endospermique qu'elles refoulent. Il y a donc, sous l'endosperme, au milieu des cellules en voie de désorganisation, production de matières solubles et de matières coagulables : dédoublements et assimilation, reconstitution des matières coagulables.

L'étude que j'ai présentée à la Société est, en définitive, celle d'une substance protoplasmique coagulable que l'on trouve : en premier lieu dans le noyau du sac embryonnaire de la Fritillaire, des Lis, dans le noyau secondaire du sac embryonnaire de la Pensée, de l'Hellébore ; dans la racine et dans la tige de la Fritillaire, dans l'albumen à l'intérieur des noyaux des cellules, etc.

Dans tous ces cas et dans beaucoup d'autres que je ne peux citer, elle est mise en évidence par les réactifs durcissant surtout par l'alcool qui la coagule fortement, en lui enlevant plus d'eau que l'acide chromique et les durcissants aqueux.

Avec l'alcool employé comme durcissant, on trouve dans tous les noyaux cités plus haut une substance très réfringente, beaucoup plus réfringente que quand on l'examine dans les mêmes conditions sur des pièces fraîches, transparente comme la cellulose des membranes ; dans certains cas où elle devient alors tout à fait solide, elle se trouve coagulée sur l'une des faces du noyau. Cette face du noyau prend un aspect *luisant* particulier qui attire l'attention. Aussi il est facile de la trouver immédiatement en regardant une coupe dans le microscope, quand celle-ci contient des noyaux où elle est renfermée.

On trouve en second lieu la même substance protoplasmique coagulable sous le sac embryonnaire, chez les Lis, les Haricots, la Nivéole, l'Hellébore, etc. Chez toutes ces plantes, en faisant des observations suivies sur les ovules au fur et à mesure que le sac s'agrandit, on arrive à constater qu'il se fait, toujours chez quelques-unes, d'une manière

constante chez d'autres, des infiltrations, devenant plus tard de véritables solutions de continuité, dont les parties du nucelle encore intactes conservent les empreintes bien visibles.

Or, dans ces solutions de continuité on trouve une substance coagulée, réfringente, transparente comme la cellulose, ayant absolument l'aspect des matières que l'on trouve ailleurs dans le noyau cellulaire.

Sous le sac embryonnaire, dans les perforations qu'il surmonte et qui débutent contre sa paroi inférieure, moyenne, quelquefois supérieure comme chez l'Hellébore, cette matière coagulée, que l'on y trouve sous forme de fils, de traînées, d'enduits striés, provient d'une façon bien manifeste des parois du sac d'où on suit facilement sa marche à mesure qu'elle descend vers le faisceau vasculaire du funicule.

L'étude de cette substance plasmique coagulable faite dans tous les cas que j'ai cités permet, *en rapprochant ceux-ci les uns des autres*, la constatation d'un fait d'une grande importance *et absolument nouveau*, c'est que, dans le parcours qu'elle suit pour arriver aux vaisseaux, elle *se coagule progressivement*, c'est-à-dire qu'elle reprend, au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de son point de départ, que l'on peut assigner rigoureusement, l'état des matières d'où elle provient, puisque celles-ci, soit hydrates de carbone, soit albuminoïdes, étaient solides, coagulées à un certain moment, avant leur dissolution. Quand on étudie leurs métamorphoses dans la cellule au milieu des substances solides ou liquides entremêlées qui la remplissent, il n'est pas possible de voir tous les produits des réactions qui aboutissent à leur dissolution. Quand on suit un grain d'amidon qui disparaît dans la cellule d'un cotylédon, une membrane qui se dissout dans un albumen, un grain d'aleurone qui est liquéfié dans une cellule, on sait que le passage des uns et des autres, de l'état solide à l'état liquide, a lieu sous l'action d'un ferment soluble que l'on voit agir sur le grain d'amidon, sur la membrane, sur le grain d'aleurone; on le sait parce que l'on a réalisé les mêmes dissolutions à l'extérieur de la plante à l'aide des ferments solubles extraits de celles-ci produisant en dehors des effets semblables. Dans la plante, on voit alors le grain d'amidon se corroder, la membrane, le grain d'aleurone se dissoudre peu à peu. Le corps à dissoudre reste en place, la partie dissoute est emportée. On n'a jamais constaté qu'à côté de la partie dissoute il se ormait une substance insoluble. On n'a jamais vu qu'à côté du maltose, dernier terme des dédoublements produits par la diastase sur la matière amylacée, il se formait une matière plasmique insoluble; qu'en général, à côté des produits solubles d'hydratation soustraits successivement aux matières plasmiques, soit ternaires, soit azotées, à la suite de l'action des divers ferments solubles qui arrivent à disjoindre et à modifier leurs molécules, il se formait toujours un produit insoluble; qu'une con-

densation, qu'une synthèse moléculaire se réalisait à côté des dédoublements.

Sur le chemin qui conduit à travers le nucelle, du sac embryonnaire au faisceau vasculaire du funicule, dans un milieu débarrassé des produits cellulaires de formes variées, au milieu d'un espace vide uniquement rempli de suc cellulaire, par conséquent dans d'excellentes conditions d'observation, on voit deux produits nettement séparés se diriger vers les vaisseaux : des matières liquides, hydrates de carbone, amides solubles, et à côté une matière plasmique nouvellement reformée, avec ce caractère curieux, qu'une partie de ses molécules résistent plus longtemps que les autres avant d'être arrêtées par la caogulation.

En ce qui concerne les matières coagulables qui arrivent en bas du sac embryonnaire des Lis, des Haricots, de l'Hellébore, à une certaine époque, on peut noter exactement leurs points de départ et d'arrivée. Elles partent des parois du sac, où on les trouve déjà coagulées, les parties restées liquides franchissant la distance qui les sépare de la base où elles viennent s'infiltrer entre les cellules pour se rendre aux vaisseaux.

En ce qui concerne les substances coagulables que l'on observe dans les noyaux, leur destinée n'est pas toujours de suivre la même voie, comme dans la cellule-mère du sac embryonnaire de la Fritillaire, comme dans la racine de la même plante, où leur transport vers les vaisseaux est bien visible. Elles représentent souvent une partie coagulée et retenue à l'intérieur du noyau de matières identiques qui franchissent ses limites et sont destinées à être employées dans l'embryon ou dans les parties de l'endosperme en croissance. Aussi, dans les coupes de l'albumen soit du Lis, soit de la Fritillaire, on trouve les dépôts que ces substances coagulées forment dans les noyaux, orientés tous dans la direction de l'embryon ou des surfaces correspondantes de l'albumen en croissance.

Leur présence dans les noyaux, où on les trouve à certains moments, quand on se met dans de bonnes conditions d'observation, à côté des matières chromatiques, montre leur véritable origine, puisque pour trouver leur point de départ il faut remonter jusqu'au noyau.

C'est donc là qu'elles prennent naissance, au contact des matières chromatiques. C'est dans les réactions intermittentes et de puissance variable dont celles-ci sont le siège qu'il faut chercher l'origine des dédoublements moléculaires dont la cellule est le théâtre, la cause de ces dissociations moléculaires qui ramènent les matières organisées, ternaires ou azotées à l'état soluble.

Le noyau serait donc, au sein des tissus, un générateur de mouvement. Il mettrait, à un moment donné, en présence une partie des éléments minéraux qui entrent dans la composition de la molécule, en détruisant

plus ou moins profondément l'édifice moléculaire formé déjà sous l'influence des radiations avec le concours du protoplasme vert.

De sorte que la matière organisée, coagulable par nature, c'est-à-dire inerte par moments, redeviendrait apte, sous l'action du noyau cellulaire, à la réalisation des affinités chimiques.

Le noyau, comme la radiation, provoquerait donc le jeu des affinités en déterminant d'une façon plus ou moins complète, selon l'époque de son action et par conséquent selon l'intensité de cette action, les molécules organisées, en mettant de nouveau en présence une partie des éléments minéraux qui entrent dans la composition de la molécule au moment où ces éléments sortent à l'état naissant, pourvus de toutes leurs affinités, de toutes leurs atomicités redevenues libres.

Les réactions produites dans le noyau se reproduisent sous la couche endospermique sur la paroi du sac embryonnaire, non plus dans des éléments cellulaires vivants, mais dans des cellules en voie de désorganisation, absolument mortes, y compris le sac embryonnaire, protoplasma et noyau, comme je l'ai montré.

Dans ce cas, les produits de la réaction sont les mêmes : matières liquides, matières coagulables ; la cause doit nécessairement être la même, la désorganisation des matières chromatiques nucléaires contenues dans les produits de désorganisation des cellules du nucelle, matières chromatiques que colorent avec tant d'intensité, dans ces conditions, les réactifs colorants.

Celles-ci sont donc, quand elles changent d'état, quand elles sont le siège des modifications bien visibles que l'on y remarque à des époques déterminées, soit dans la cellule vivante, soit dans la cellule en voie de désorganisation, l'origine des matières plasmiques coagulables de la cellule, par conséquent l'origine du protoplasma fondamental, celui-ci n'étant lui-même que la partie liquide qui résiste le plus longtemps à la coagulation, des matières antérieurement coagulées que le noyau a modifiées à une certaine époque et qu'il a par conséquent tirées de l'inertie.